



УДК 620.91

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ДВУХОСНОГО СОЛНЕЧНОГО ТРЕКЕРА В УСЛОВИЯХ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

DUAL AXIS SOLAR TRACKER TEST RESULTS IN THE CONDITION OF THE URAL REGION

Немков Дмитрий Александрович, магистрант каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: xeqlol@gmail.com

Матвеев Андрей Валентинович, канд. техн. наук, доцент каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: a.v.matveev@urfu.ru

Щеклеин Сергей Евгеньевич д-р. техн. наук, профессор каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru

Немихин Юрий Евгеньевич старший преподаватель каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: nemikhin@rambler.ru

Dmitrii A. Nemkov, Master student, Department «Atomic power stations and renewable energy sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: xeqlol@gmail.com

Andrey V. Matveev, Doctor Sc., Prof., Department « Atomic power stations and renewable energy sources », Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: a.v.matveev@urfu.ru

Sergey E. Shcheklein, Doctor Sc., Prof., Department « Atomic power stations and renewable energy sources », Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru

Yurii E. Nemikhin, Senior Lecturer, Department « Atomic power stations and renewable energy sources », Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: nemikhin@rambler.ru

Аннотация: Работа посвящена исследованию эффективности применения технологии солнечного трекинга в климатических условиях Уральского региона. Авторами показано, что эффективность данной технологии сильно зависит от времени года. Так же в работе сделаны выводы о целесообразности применения технологии солнечного трекинга в условиях умеренно континентального климата.

Abstract: This article is devoted to the study of the solar tracking technology efficiency in climatic conditions of the Ural region. The authors have shown that the effectiveness of this technology is heavily dependent on the time of year. The conclusions of the feasibility of using solar tracking technology in a temperate continental climate also in this article.

Ключевые слова: солнечная энергетика, солнечные трекеры, энергоэффективность

Key words: solar energy, solar trackers, energy efficiency

ВВЕДЕНИЕ

Исчерпаемость традиционных энергетических ресурсов на фоне растущего спроса на электроэнергию определяет перспективы использования возобновляемых источников энергии, таких как: ветер, солнечной излучение, энергия приливов и отливов и т.д. Использование возобновляемых источников энергии позволяет свести к минимуму

опасности, связанные с добычей и использованием полезных ископаемых в энергетике, а также снизить вредное воздействие традиционной энергетики на окружающую среду и климат.

Солнечная энергия относится к возобновляемым источникам энергии. Известно, что мощность падающего на поверхность земли солнечного излучения многократно превосходит текущие потреб-

ности человечества в энергии. К сожалению, солнечная энергетика не отличается высоким коэффициентом полезного действия используемых в ней солнечных элементов (в среднем, значение КПД составляет 14-18%), что потенциально ограничивает её применение в регионах, где солнечная инсоляция сильно варьируется с изменением времени года.

Технология солнечного трекинга (солнечные трекеры) позволяет увеличить эффективность энергоустановок, выполненных на базе солнечных элементов. Солнечные трекеры – устройства, автоматически ориентирующие солнечные панели в направлении на Солнце. Данная технология позволяет увеличить количество получаемой энергии путем ориентации солнечных панелей в течение целого дня. Это означает, что панели, установленные на солнечных трекерах, получают больше солнечной радиации, чем фиксированные панели. Это связано с тем, что в утренние и вечерние часы направление падения солнечных лучей практически параллельно плоскости фиксированной панели [1].

ТЕКУЩИЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В других регионах наблюдается более существенные увеличения производительности. Например, в работе [2] представлен оптимизированный алгоритм слежения за солнцем, который увеличивает эффективность фотоэлектрических станций на 35%. В данной статье была исследована эффективность солнечного трекера в условиях тропического климата Малазии. В работе [3] описан одноосный трехпозиционный солнечный трекер, применение которого увеличивает эффективность фотоэлектрических станций вплоть до 37%. В статье [4] представлен прототип солнечного трекера, который увеличивает производительность на 57,55% по сравнению со станциями, выполненными с фиксированными панелями.

ХАРАКТЕРИСТИКИ РАССМАТРИВАЕМОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Рассматриваемая климатическая зона (город Екатеринбург, Свердловская область, Уральский регион, Россия) расположена по координатам 60.3 северной широты, 56.9 восточной долготы. Климат умеренно континентальный. Средняя температура зимой $-12,6^{\circ}\text{C}$, летом $+19^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков — 537 мм [5].

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объект исследований – активный двухосный солнечный трекер (рис. 1) [6], разработанный на кафедре Атомных станций и возобновляемых источников энергии. Двухосный солнечный трекер имеет точность ориентации $\sim 0.1^{\circ}$ и использует алгоритм численного расчета положения солнца (точность алгоритма $\sim 0.05^{\circ}$) [7]. Панели, используемые в исследованиях, номинальной мощностью 100 Вт, площадью 1 м^2 . Фиксированная панель была ориентирована в направлении на юг и с уклоном в 75° к горизонту.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в течение интервала времени с февраля 2015 года по февраль 2016 года. Данные собирались с помощью системы мониторинга кафедры Атомных станций и возобновляемых источников энергии Уральского энергетического института [8]. Столь длительный интервал испытания объясняется целью сопоставления эффективности работы солнечного трекера в летних и зимних условиях.

ИСПЫТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕТНЕ-ОСЕННЕГО ПЕРИОДА

Летний период отличается высоким показателем средней солнечной инсоляции (для Екатеринбурга он составляет 800-900 Вт/м², в пиках он доходит до 1000 Вт/м²). Как видно из рисунка 2, в утренние и вечерние часы солнечная панель, установленная на солнечном трекере, в утренние и вечерние часы вырабатывала больше мощности, чем панель, установленная фиксировано.

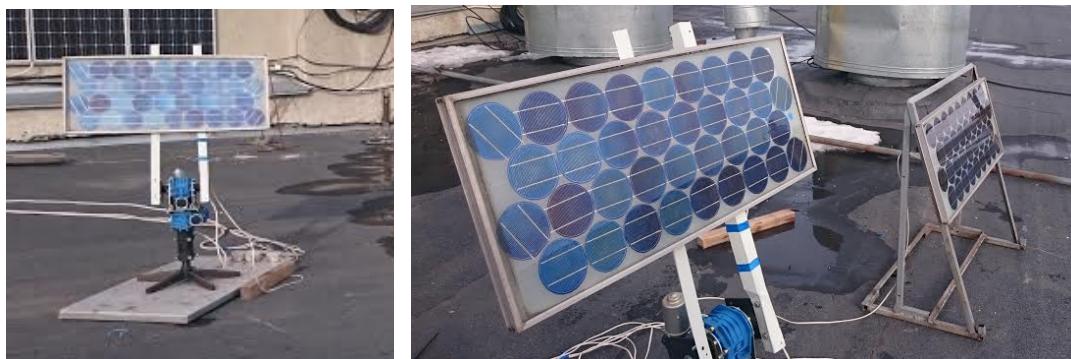


Рис. 1. Солнечный трекер (слева) и фиксированная панель (справа), установленные на крыше здания Уральского энергетического института

Суточные данные измерений суммарной радиации, суммарной энергии с поворотной (панели на трекере) и стационарной (фиксированной панели) сведены в таблицу 1. При анализе измерений в летние месяцы, авторы выяснили, что среднее превышение выработки энергии с солнечного трекера над выработкой энергии фиксированной панели составляет в среднем 20-30%.

ИСПЫТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗИМНЕ-ВЕСЕННЕГО ПЕРИОДА

Зимний период для Екатеринбурга характеризуется сравнительно низким показателем средней солнечной инсоляции (в

среднем 400-500 Вт/м² с пиком в 600 Вт/м²). Помимо этого, зимний период характеризуется небольшим количеством солнечных дней (в среднем, 5-6 дней в месяц). Это говорит о частой пасмурности, что влечет за собой низкую эффективность использования солнечных панелей. На рисунке 3 продемонстрированы результаты работы солнечного трекера и фиксированной панели в солнечный день 10 Марта 2016.

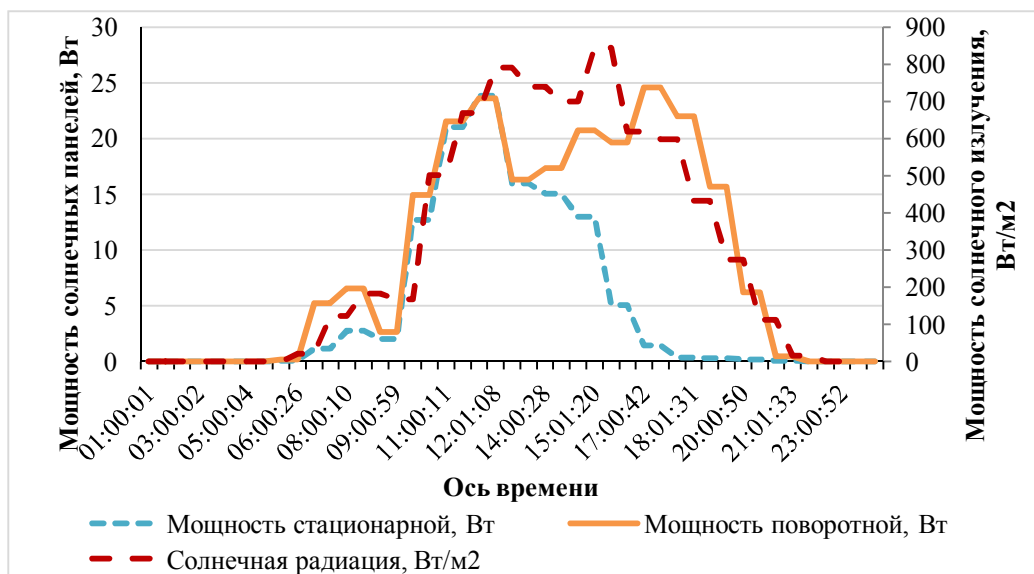


Рис 2. График дневной производительности солнечных панелей и величины солнечной радиации (1 Августа 2015)

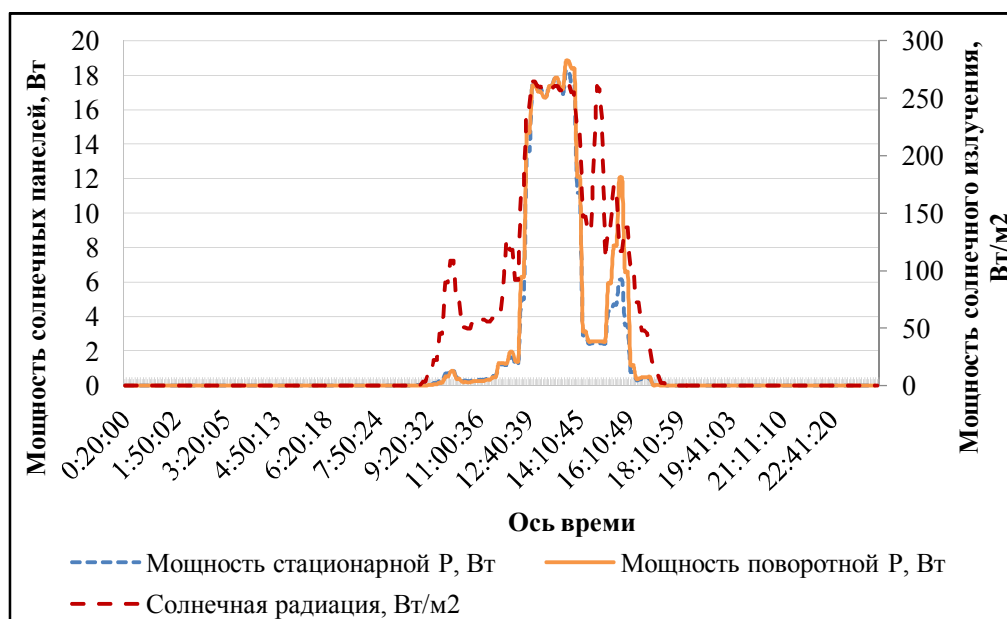


Рис 3. График дневной производительности солнечных панелей и величины солнечной радиации (10 Марта 2016)

Таблица 1.

Суммарные результаты измерений за различные дни

Дата измерений	31 января 2016		1 августа 2015		15 марта 2015	
	МДж	кВт·ч	МДж	кВт·ч	МДж	кВт·ч
Суммарная солнечная радиация	3.747	1.041	24.504	6.805	14.935	4.148
Энергии за день с стационарной	0.131	0.037	0.653	0.181	0.506	0.141
Энергии за день с поворотной	0.145	0.040	1.18	0.329	0.719	0.2
Превышение поворотной над стационарной	8.85%		45,1%		28,4%	

Суточные данные измерений суммарной радиации, суммарной энергии с поворотной (панели на трекере) и стационарной (фиксированной панели) сведены в таблицу 1. Низкие показатели выработки связаны с малой продолжительностью солнечного дня (6-7 часов для Екатеринбурга зимой). Для сопоставления, в таблице 1 приводятся данные за 15 марта 2016.

Суточные данные измерений суммарной радиации, суммарной энергии с поворотной (панели на трекере) и стационарной (фиксированной панели) сведены в таблицу 1. Следует отметить низкую производительность панелей в течение дня. Это объясняется высокой облачностью и пасмурностью. В вечерние часы мощность панели на солнечном трекере существенно превысила мощность фиксированной панели, т.к. направление падения солнечных лучей было перпендикулярно плоскости панели на солнечном трекере и практически параллельно плоскости фиксированной панели.

В ходе анализа результатов испытаний выяснилось, что средний за год коэффициент превышения составляет примерно 25-30%. Низкая выработка солнечных панелей в зимние периоды времени вызвана низким значением солнечной инсоляции и маленькой продолжительностью солнечного дня (6-7 часов для Екатеринбурга зимой). Данные результаты актуальны для уральского региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлены результаты испытания технологии солнечного трекинга на примере активного двухосного солнечного трекера в условиях резко континентального климата Уральского региона. Технология солнечного трекинга даже в зимнее время позволяет повысить эффективность установки в 1,25-1,3 раза. Важно отметить, что улучшение технологии солнечного трекинга (материалоемкость, потребность в энергии, точность ориентации) позволит еще более существенно увеличить эффективность подобного рода систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Solar tracking performance and economics in Australia // Электронный ресурс URL: <http://www.solarchoice.net.au/blog/solar-trackers/> (дата обращения 03/07/2016)
2. Mejia, A.E., Londoño, M.H. and Osorio, J.C., Diseño e implementación de un seguidor solar para la optimización de un sistema fotovoltaico. Scientia et Technica, 1(44), pp. 245–250, 2010.
3. Huang, B.J., Huang, Y.C., Chen, G.Y., Hsu, P.C. and Li, K., Improving solar PV system efficiency using one-axis 3-position sun tracking. Energy Procedia, 33, pp. 280–287, 2013. PV Asia Pacific Conference 2012.
4. Tudorache, T., Oancea, C.D. and Kreindler, L., Performance evaluation of a solar tracking PV panel. University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin, Series C: Electrical Engineering, 74(1), pp. 3–10, 2012.
5. Екатеринбург – Wikipedia // Электронный ресурс URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Екатеринбург> (дата обращения 04/07/2016)
6. Немков Д.А., Немихин Ю.Е., Матвеев А.В., Одинаев И.Н. Разработка и создание системы слежения за положением солнца // Технические науки в мире: от теории к практике / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. №2. Ростов-на-Дону, 2015. С. 35-38.
7. Philippe Blanc, Lucien Wald. The SG2 algorithm for a fast and accurate computation of the position of the Sun for multi-decadal time period [Electronic resource] HAL archives-ouvertes. Mode of access: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00725987/document> (дата обращения 10/04/2015)
8. Щеклеин С. Е., Немихин Ю. Е., Невьянцев С. В., Коржавин С. А. Комплекс дистанционного мониторинга установок возобновляемой энергетики с использованием Wi-Fi каналов и элементов технического зрения. / WIT Transactions on Ecology and The Environment. Volume 2. 2014. P. 1185–1194.